

補助事業番号 2021M-214
補助事業名 2021年度 軸受鋼球へのナノ粒子分散セラミックコーティングによる摩擦低減補助事業
補助事業者名 法政大学 生命科学部 明石孝也

1 研究の概要

従来の研究で、耐熱サイクル性の向上を目的として、ステンレス鋼板にナノ粒子を分散した酸化物の膜をゾル-ゲル法によって作製した後に、雰囲気制御した熱処理を行うことにより、ナノ粒子と酸化物のコンポジット膜にマイクロクラックを形成させた。(以下、ナノ粒子分散セラミックコーティングと呼ぶ。) このナノ粒子分散セラミックコーティングによって、ステンレス鋼板の摩擦係数を半減できるという副次的な研究成果が得られた。

そこで、本事業では、この摩擦係数低減効果に着目して、ナノ粒子分散セラミックコーティングの技術を軸受鋼球に適用することを目的とした。また、軸受鋼球とセラミックコーティングの異相界面に対しては、軸受鋼球表面にアルミニウム層を形成した後に、ナノ粒子分散セラミックコーティングを行い、アルミニウムの高温酸化によって酸化アルミニウムの結合層を形成させるという手法(特許第6017235号「ナノ粒子含有膜の形成方法およびナノ粒子含有膜」)を適用した。

3D構造を有する軸受鋼球の表面に、ナノ粒子分散セラミックコーティングを行うために、「ゾル滴下電気泳動堆積法」と名付けた新たな成膜技術を開発し、特許出願した。この方法は、ゾル-ゲル法と電気泳動堆積法を組み合わせたものであり、均一な厚さの厚い膜を形成させるのに適した方法である。この手法を用いることにより、従来の電気泳動堆積法などと比較して、摩耗に対する寿命の長いナノ粒子分散セラミックコーティングを3D構造を有する軸受鋼球の表面に施すことに成功した。また、軸受鋼球とセラミックコーティング膜の異相界面の改良のために、法政大学が所有する特許技術(特許第6017235号「ナノ粒子含有膜の形成方法およびナノ粒子含有膜」)に加えて、メカノケミカル処理の手法を適用した。すなわち、軸受鋼球表面にアルミニウム層を形成した後に、ナノ粒子分散セラミックコーティングを行い、アルミニウムの高温酸化によって酸化アルミニウムの結合層を形成させた後に、ナノ粒子とセラミックス粒子を軸受鋼球表面に高速で衝突させるという表面処理を施した。

2 研究の目的と背景

ベアリングは、回転や往復運動を行う機器の摩擦を低減するために不可欠な部材であり、自転車・モーターサイクル・障害者スポーツ用の機材に使用されている。また、機械の摺動部の摩擦低減は、環境や省エネルギーの問題にも貢献する。さらに、機材の滑らかな動きはその機材の安全・安心に貢献し、生活の質の向上に寄与する。よって、本事業で扱う課題は、機械技術・機械工学の広範囲に波及する重要な課題を扱ったものである。したがって、ベアリングの更なる性能向上のために、従来技術に囚われない新規技術開発が求められている。

3 研究内容

(1) 軸受鋼球へのナノ粒子分散セラミックコーティングによる摩擦低減

<https://kotai.ws.hosei.ac.jp/wp/research02/>

(2) 「3D形状合金へのセラミック粒子の積層実装」(生命・明石 孝也)

<https://www.hosei.ac.jp/nano/katsudo/project/#a17>

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

カーボンニュートラルの観点から、電気自動車を初めとする機械産業分野の各種電動機器のエネルギー消費量を低減させるために、駆動部分の機械損失を最小化することが急務となっている。そのため、複雑な形状を有する機械部品への低摩擦コーティングを行う技術への期待が極めて大きくなっている。本事業の遂行により、ナノ粒子分散セラミックスコーティングと、本事業で新たに開発したゾル滴下電気泳動堆積法が、各種電動機器の駆動部分における機械損失を最小化するための技術として活用されるという展望が大きく広がった。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本補助事業者は、東工大、日本鋼管(株)、東北大学助手、カリフォルニア大学バークレー校(文部科学省在外研究員)、北海道大学助教授/准教授、法政大学教授において、多岐にわたる産学両方の研究開発を経験している。今回研究の位置づけは、金属工学とセラミックスプロセッシングの両分野をまたがっており、東工大と日本鋼管(株)で修得した金属工学の基礎とプロセス開発、東北大学と北海道大学で経験したセラミックス合成の技術、カリフォルニア大学で経験したセラミックスの接合技術を融合させたものとなっている。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【知財】

1) 特願2021-212652, 明石孝也, 法政大学、「セラミックスコンポジット膜の形成方法」.

2) 特願2022-208613 (優先権出願), 明石孝也, 法政大学、「セラミックスコンポジット膜の形成方法」.

【学会発表】

1) 山岡共生, 明石孝也, “メカノケミカル処理をした軸受鋼球へのナノセラミア分散部分安定化ジルコニア膜のゾル-ゲル被覆と耐摩耗性評価”, 第61回セラミックス基礎科学討論会, 1B17 (2023年1月7-8日, 岡山大学, 岡山市).

2) 梶優介, 明石孝也, “ゾル滴下電気泳動堆積法による高炭素クロム軸受鋼へのセラミア分散イットリア部分安定化ジルコニア膜の形成”, 第60回セラミックス基礎科学討論会, 2B-11, (2022年1月8日-9日, 熊本大学, 熊本市, ハイブリッド開催).

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

- ・法政大学 JKA採択実績・補助事業概要

<https://www.hosei.ac.jp/kenkyu/achievement/jka/?auth=9abbb458a78210eb174f4bdd385bcf54>

- ・法政大学 マイクロ・ナノテクノロジー研究センター 年報2022 p. 56.

「3D形状合金へのセラミック粒子の積層実装」

<https://www.hosei.ac.jp/application/files/4216/8419/7003/2022.pdf>

- ・法政大学 マイクロ・ナノテクノロジー研究センター 年報2021 p. 48.

「セラミック粒子の積層実装による合金の表面改質プロセスの開発」

<https://www.hosei.ac.jp/application/files/7916/4851/8422/2021.pdf>

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

- ・法政大学小金井2021年Webオープンキャンパス

<https://www.youtube.com/watch?v=GkTd9IbPdow>

- ・法政大学新技術説明会、2022年7月28日

<https://www.youtube.com/watch?v=3sXKgdiZSo0>

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 法政大学生命科学部（ホウセイダイガクセイメイカガク）

住 所： 〒184-8584

東京都小金井市梶野町3-7-2

担 当 者： 教授（キョウジュ）

担 当 部 署： 明石孝也（アカシタカヤ）

E - m a i l : akashi@hosei.ac.jp

U R L : <https://kotai.ws.hosei.ac.jp/wp/>